

一起氨冷冻回路进水异常波动的原因分析及处理

黄国祥

海洋石油富岛有限公司 海南 东方 572600

摘要: 本文详细阐述了富岛二期合成氨装置冷冻回路进水异常波动的事故。通过深入的分析排查,准确判断出故障原因,即尿素高压氨泵回流阀内漏,导致返回管线带水进入合成氨冷冻回路。探讨冷冻回路进水对装置运行产生的影响,针对此故障,采取了有效的处理措施,包括更换回流阀、加大冷冻排污、改进停车时合成氨、尿素装置的操作等措施,旨在为冷冻回路进水提供有价值的参考,避免类似事故再次发生。

关键词: 合成氨; 冷冻回路; 进水

引言: 海洋石油富岛有限公司化肥二期1500t/d合成氨装置采用美国KBR工艺技术,工艺是用含 CH_4 62%的天然气作为原料,合成纯度99.98%的液氨产品^[1]。

液氨主要供给尿素装置和丙烯腈装置使用,富余的液氨可以通过氨收集槽送往氨罐储存,氨闪蒸气由电机驱动的增压机加压后送到组合式氨冷器。

氨合成塔只能将一部分氢氮气合成氨,为使产品液氨与未反应的气体分离,采用降温冷凝的方法,用组合式氨冷器把合成气降温到-3~-5℃进行氨分离,降温所需的冷量利用冷冻回路液氨的蒸发来提供,然后将闪蒸的气氨经氨冰机加压,水冷后液化,氨冰机也同时压缩甲烷化出口氨冷器、尿素造粒来的气氨,同时还压缩生产冷氨产品时的闪蒸气,这样就构成了整个制冷循环。氨冷冻回路为分离液氨产品提供冷量,液氨作为冷冻剂被循环使用,设计能力可以在装置满负荷条件下生产-33℃的冷氨产品。未被分离的合成气从氨分离器返回,穿过由众多同心管组成的组合式氨冷器,与从管子间环隙通过的合成塔出口气逆流换热,进合成气压缩机,压缩后再循环作为合成塔原料气。

装置产生的高压蒸汽(12.00MPaG, 510℃, 243t/h)主要用于驱动合成气压缩机透平103JT、氨冰机透平105JT,高压过热蒸汽经这两台背压式透平做功后减压为中压蒸汽进入管网,实现了能量的梯级利用,提高了能源利用效率。

1 事故概述

2023年9月22日01:10尿素装置开车过程中,合成装置甲烷化出口氨冷器130C出口工艺气温度TI1363高报警,同时130C液位、组合式氨冷器液位波动。随后冷冻回路

氨冰机入口压力上涨、高压蒸汽耗量FI1125大幅上涨、入口GV阀全开、机组出口流量上涨至满量程,超出机组设计负荷,机组防止过载损坏,转速SI2660大幅下降。受氨冰机蒸汽耗量增加的影响,合成气压缩机103J-ECV阀开度达到100%,导致高压蒸汽系统失去自动调节作用,高压管网压力PIC1018下降,整个蒸汽管网波动,见图1。同时由于氨冰机无法维持冷冻回路制冷循环,制冷效果变差,导致合成气的氨分离效果TI1399变差,合成回路循环量增加、氢氮比失调、合成塔热点温度TI1380快速下降。

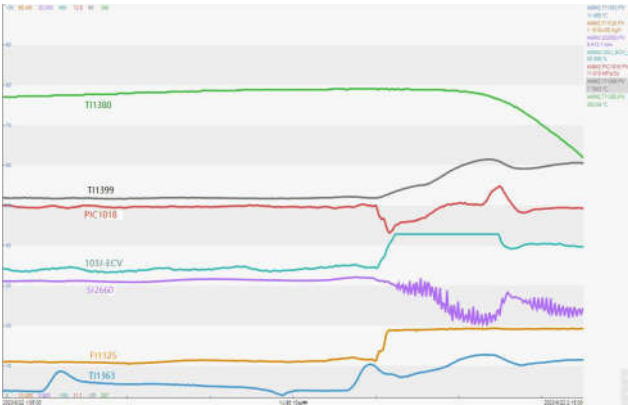


图1 2023年9月22日合成波动趋势

冷冻回路、合成回路、蒸汽系统的波动,给装置的安全稳定运行带来巨大风险。

1.1 事故过程介绍

尿素装置高压氨泵304J没开车之前,合成装置运行稳定,冷冻回路液位稳定,氨冰机105JT耗气量为68t/h、转速为9450rpm/min;合成气压缩机103JT耗气量为162t/h,转速为12740rpm/min,高压管网压力为11.925MPaG;冷冻回路氨分离温度TI1399在-4℃,合成塔热点温度TI1380在372℃。尿素启动304J后,合成装置工况出现波动,冷冻回路液位波动、制冷剂液氨温度迅

作者简介: 黄国祥,1981年9月生,男,汉族,海南东方人,本科,工程师,目前在海洋石油富岛公司从事合成氨技术管理工作,邮箱:huanggx5@cnooc.com.cn

速上涨、105JT耗气量上涨到120t/h(满量程)、转速下降到7718rpm/min;103JT耗气量下降到90t/h、转速上涨到12903rpm/min、高压管网压力下降到11.500MPaG;分氨温度TI1399上涨到9℃,合成塔热点温度下降到330℃以下。

1.2 事故危害

1.2.1 对冷冻回路的影响

液位波动

130C液位在75%-40%波动,组合式氨冷器120CF1液位在44%-19%之间波动,120CF2液位在43%-26%之间波动,氨闪蒸槽液位在32%-0%波动,各槽罐液位的波动,调整不及时容易造成压缩机进液,或气体串压损坏设备。

制冷效果变差

冷冻回路用液氨作为冷冻剂循环使用,波动时液氨温度从正常的-6.5℃上涨到7.5℃,冷冻回路闪蒸气氨量大幅增加,氨冰机负荷增加,达到极限运行(满量程),冰机无法维持制冷循环,制冷效果变差。

1.2.2 对合成回路的影响

随着气氨量大幅度增加,氨冰机短时间内无法提供足够大的制冷量,造成120C分离温度TI1399从正常的-4℃上涨到9℃,合成气的氨分离效果恶化,氨不能被有效分离,合成塔入口氨含量增加,反应平衡被打破,反应变差,产氨量下降,合成回路压力上升,合成塔热点温度下降42℃,合成回路被迫停车。

1.2.3 对蒸汽系统的影响

105JT高压蒸汽用量大幅增加,从68t/h迅速涨到120t/h满量程,造成103J-ECV的全开,高压蒸汽系统无法实现自动控制,高压管网压力下降,引起整个蒸汽管网的波动。

1.2.4 对机组的影响

对氨增压机的影响

氨增压机105J1电流从正常的65A上涨至80A,超过76A的额定值,长时间超额定电流运行,将增加电机损坏的风险。

对氨冰机的影响

氨冰机105J一段入口压力由正常的225kpaG涨到410kpaG,一段出口流量由35T/H涨到60T/H(满量程),二段入口压力由565kpaG涨到735kpaG,出口流量由60T/H→100T/H(满量程),由于机组负荷仍继续增大,超出冰机透平所能提供的最大功率,导致透平无法提供足够的动力来带动压缩机,造成压缩机转速从9450rpm/min快速下降到7718rpm/min,给冰机的安全运

行带来巨大威胁。

对合成气压缩机的影响

合成气循环气量增大,增加了合成气压缩机103J的负荷,103J出口压力由13.78MPaG上涨至14.33MPaG,转速在4分钟的时间内由正常的12750rpm/min迅速上涨到12903rpm/min,超出12850rpm/min的设备安全运行上限,机组的振动、位移同步上涨,103J机组同样面临着安全风险。

1.2.5 其他影响

冷冻回路还对甲烷化出口气起到冷却作用,冷冻回路液位和温度的波动,引起130C出口工艺气温度TI1399从正常的-4℃上涨到9℃,造成净化器冷箱进口温度达到12.3℃(设计值4℃),冷箱制冷负荷增加,冷箱内整体温度上涨,如进口温度长时间偏高,会破坏冷箱原有的温度梯度和相平衡。

2 原因分析

逐一排查后确定,造成冷冻回路波动、合成回路恶化、冰机蒸汽量增加的直接原因是尿素高压氨泵304JS返回合成120CF2的液氨带水,水进入冷冻系统,与液氨混合后大量放热,致使120CF2中的液氨大量闪蒸,氨冰机105J入口压力增加,转速上涨,高压蒸汽耗量大幅增加^[2]。

分析依据主要有以下几个方面。

2.1 尿素正常运行期间,高压氨泵304JS的机封介质是3.0MPaG的脱盐水,尿素正常生产时,隔膜式压力调节阀PCV3915维持机封水压力与氨泵入口压力之间的压差在110kpaG,以保证氨不外溢,304JS停车时,氨系统压力快速下降,PCV3915压差高(现场显示上涨至满表),机封水进入氨系统。

2.2 高压氨泵返回阀FV3026内漏,且304JS停车后现场返回阀未关,导致返回管线NH3006-4"含水。

2.3 304JS启动前,FV3026按规程先进行阀后排水操作,但NH3006-4"管线上有止逆阀,止逆阀后到合成界区阀之间管段的水无法排出。304JS准备启动前,通知合成装置开界区截止阀,尿素保持FV3026在70%开度。

2.4 304JS启动后,304JS打回流,返回管线中液氨的压力远远高于合成120CF2的压力,返回管线NH3006-4"液氨带水返回到120CF2,然后经120CF2流到冷冻回路的120CF1、130C等槽罐,见图2。氨溶于水后放出大量的热,造成冷冻回路温度升高、闪蒸量增大、液位波动,由于130C设备小,所以TI1363和130C液位是第一报警信号。

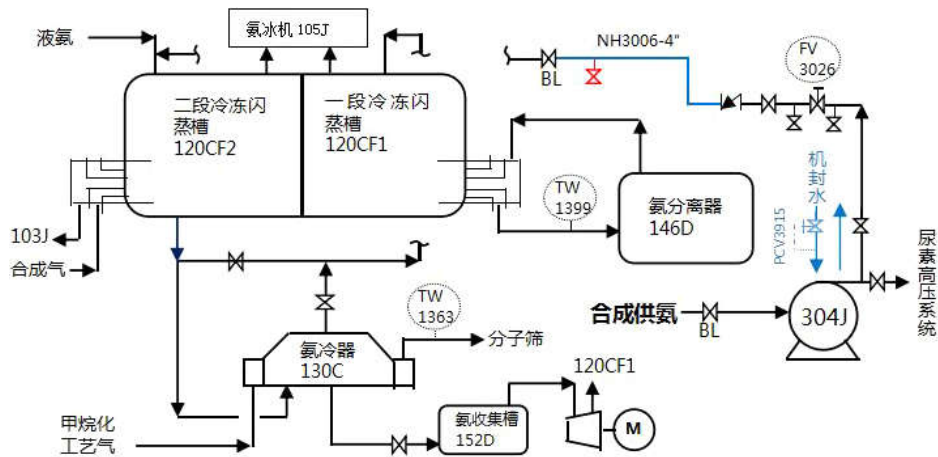


图2 冷冻回路及供氨示意图

3 处理措施

3.1 合成装置处理措施

- (1) 发现氨冷冻系统含水后，第一时间进行液氨置换操作，氨冷器130C全开底部排污阀，排水至152D送去氨罐，连续置换。
- (2) 压缩控制室将氨冰机105J转速投就地控制，以稳定105J入口压力、出口压力、出口流量。
- (3) 合成回路开HV1019循环段泄压，以阻止合成气压缩机103J出口压力异常升高，保护机组及设备免受超压风险。
- (4) 合成塔全关冷激线HV1025，减缓第一床层热点温度持续下降。
- (5) 合成气压缩机103J手动降转，全开防喘振阀打循环，退出合成回路，工艺气放空，切除合成塔，停止产氨。
- (6) 停弛放气单元。
- (7) 停氨增压机。
- (8) 关闭尿素返氨界区截止阀。

3.2 尿素装置处理措施

- (1) 立即停运304JS，关闭返氨阀FV3026，现场关返回线切断阀。
- (2) 对返回管线NH3006-4"分段排水。

3.3 后续改进措施

3.3.1 设备方面

- (1) 返回管线NH3006-4"的止逆阀后低点处增设一根密闭排水管线，见图2。
- (2) 紧急采购FV3026仪表备件，利用2024年9月检修机会对内漏的FV3026进行拆检，发现阀芯阀座冲刷严重、且密封圈老化塌陷，分别进行修复和更换仪表备件。

3.3.2 工艺方面

- (1) 尿素高压氨泵304JS停运后，及时关闭FV3026及现场切断阀，合成关闭NH3006-4"返回管线界区切断阀，返氨管线压力高可以通过卸压阀向氨水槽卸压。
- (2) 现场人员应及时关小氨泵机封水调节阀，避免PCV3915压差高，引起过量的机封水进入氨系统。
- (3) 在304JS准备启动前，先逐步确认泵体导淋、出口管线导淋、以及FV3026阀前导淋排放完全挂霜后，再开FV3026及阀后导淋排放，管线完全挂霜后，最后打开界区NH3006-4"管线上的止逆阀后排放管线，把管道中可能积存的水排放彻底，可以保证304JS启动后不会有大量的水返回合成装置。
- (4) 在304JS准备启动前，合成装置冷冻回路保持130C连续排污。
- (5) 在304JS准备启动前，尽量减少冷氨的输送，以减少闪蒸气量，同时可以通过降低氨冰机105J入口压力提前增加负荷。

结束语

通过以上措施，随后的2024年11月、2025年2月两次装置开停车过程，冷冻回路液位稳定、氨分离温度正常，氨冰机105J、合成气压缩机103J转速正常、耗汽量稳定、高压蒸汽管网稳定，没有再出现类似的事故。

参考文献

[1]黄国祥,钟家旺,诸兵,王刚,姬岛州.一起分子筛过滤器压差上涨事故的原因分析与处理[J].石油石化物资采购,2024,18.051:30-34.

[2]黄国祥.一起冰机压缩机转速波动的原因分析及处理[J].化工设计通讯,第39卷第1期: 24-26.